

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2002-134745  
(43)Date of publication of application : 10.05.2002

(51)Int.CI. H01L 29/78  
H01L 21/265  
H01L 21/28  
H01L 21/8238  
H01L 27/092  
H01L 27/10  
H01L 29/43

(21)Application number : 2000-326143

(71)Applicant : SONY CORP  
FUJITSU LTD

(22) Date of filing : 25.10.2000

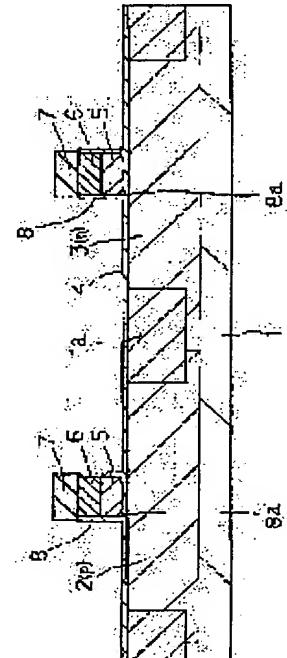
(72)Inventor : TATESHIMO YASUSHI  
TSUKAMOTO MASANORI  
NAKAMURA MANABU  
SAKUMA JUN

(54) MANUFACTURING METHOD OF SEMICONDUCTOR DEVICE

**(57)Abstract:**

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To restrain abnormal oxidation in a high melting-point metal silicide film forming a gate electrode, and to prevent impurities in polycrystalline silicon for composing the gate electrode from diffusing to the outside through the high melting-point metal silicide film when carrying out screen oxidation, after the gate electrode in polycide structure has been formed.

**SOLUTION:** In a semiconductor device, such as a logic LSI, where a DRAM is mounted mixedly, when a dual-gate CMOS transistor is to be formed, RTA is carried out at a temperature of 650 to 750° C in a nitride atmosphere, before the screen oxidation is made for forming an oxide film on a sidewall, after the gate electrode has been formed. Also, when the screen oxidation is to be carried out, nitrogen is supplied to an oxidation oven at a flow rate of 20 to 30 L/min. Or lower, from the time when a substrate is put into the oxidation oven to the time, when temperature rises to the oxidation temperature.



---

## **LEGAL STATUS**

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

THIS PAGE BLANK (USPTO)

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2002-134745

(P2002-134745A)

(43) 公開日 平成14年5月10日(2002.5.10)

(51) Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テマコード(参考)
H 01 L 29/78 21/265	6 0 2	H 01 L 21/265	6 0 2 B 4 M 1 0 4 6 0 4 G 5 F 0 4 0
	6 0 4	21/28	3 0 1 D 5 F 0 4 8
21/28	3 0 1	27/10	4 6 1 5 F 0 8 3
21/8238		29/78	3 0 1 G

審査請求 未請求 請求項の数46 O.L (全15頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2000-326143(P2000-326143)

(71) 出願人 000002185

ソニー株式会社

東京都品川区北品川6丁目7番35号

(22) 出願日 平成12年10月25日(2000.10.25)

(71) 出願人 000005223

富士通株式会社

神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番  
1号

(72) 発明者 館下 八州志

東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニ  
ー株式会社内

(74) 代理人 100082762

弁理士 杉浦 正知

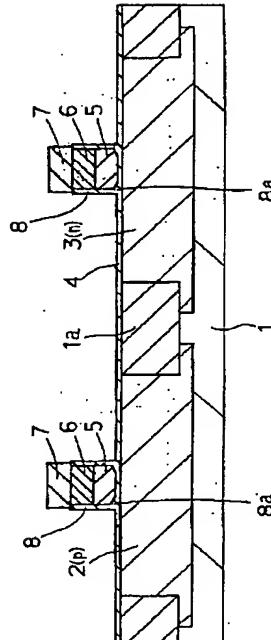
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 半導体装置の製造方法

(57) 【要約】

【課題】 ポリサイド構造のゲート電極を形成した後にスクリーン酸化を行うとき、ゲート電極を形成する高融点金属シリサイド膜の異常酸化を抑制し、また、ゲート電極を構成する多結晶シリコン中の不純物が高融点金属シリサイド膜を通じて外部に拡散するのを防止する。

【解決手段】 DRAM混載論理LSIなどの半導体装置において、デュアルゲートCMOSトランジスタを形成する場合に、ゲート電極を形成した後にスクリーン酸化を行って側壁に酸化膜を形成する前に、窒素雰囲気中において650～750°Cの温度でRTAを行う。また、スクリーン酸化を行う場合に、酸化炉への基板の入炉時から酸化温度への昇温時に酸化炉に窒素を20～30L/min以下の流量で供給する。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 n型またはp型の多結晶シリコン膜上に高融点金属シリサイド膜が積層された構造のゲート電極を有するMISトランジスタを有する半導体装置の製造方法において、

上記ゲート電極を形成する工程と、

上記ゲート電極を形成した後、窒素雰囲気中においてラビッドサーマルアニーリングを行うことにより上記ゲート電極の少なくとも側面を窒化する工程と、

上記ラビッドサーマルアニーリングを行った後、上記ゲート電極の側面および上記ゲート電極と基板との界面の酸化を行う工程とを有することを特徴とする半導体装置の製造方法。

【請求項2】 650°C以上750°C以下の温度で上記ラビッドサーマルアニーリングを行うようにしたことを特徴とする請求項1記載の半導体装置の製造方法。

【請求項3】 上記酸化を行う工程において、酸化炉への基板の入炉時から酸化温度への昇温時に上記酸化炉に窒素を20リットル/分以上30リットル/分以下の流量で供給するようにしたことを特徴とする請求項1記載の半導体装置の製造方法。

【請求項4】 上記酸化温度を750°C以上800°C以下、上記酸化膜厚を2nm以上5nm以下、温度安定のための安定化ステップをほぼ0分とするようにしたことを特徴とする請求項3記載の半導体装置の製造方法。

【請求項5】 上記酸化を行った後、ソース領域およびドレイン領域を形成するためのイオン注入を行い、その後、不活性ガス雰囲気中において925°C以上975°C以下の温度で5秒以上15秒以下の時間ラビッドサーマルアニーリングを行うようにしたことを特徴とする請求項1記載の半導体装置の製造方法。

【請求項6】 上記ソース領域およびドレイン領域を高不純物濃度部と低不純物濃度部とにより形成する場合において、上記低不純物濃度部を形成するためのイオン注入を行い、その後、不活性ガス雰囲気中において925°C以上975°C以下の温度で5秒以上15秒以下の時間ラビッドサーマルアニーリングを行い、次いで、上記高不純物濃度部を形成するためのイオン注入を行い、その後、不活性ガス雰囲気中において925°C以上975°C以下の温度で5秒以上15秒以下の時間ラビッドサーマルアニーリングを行うようにしたことを特徴とする請求項5記載の半導体装置の製造方法。

【請求項7】 上記高融点金属シリサイド膜はタンゲステンシリサイド膜であることを特徴とする請求項1記載の半導体装置の製造方法。

【請求項8】 n型多結晶シリコン膜上に高融点金属シリサイド膜が積層された構造の第1のゲート電極を有するnチャネルMISトランジスタと、p型多結晶シリコン膜上に高融点金属シリサイド膜が積層された構造の第2のゲート電極を有するpチャネルMISトランジスタ

10

とを有し、上記第1のゲート電極と上記第2のゲート電極とが互いに接続されている半導体装置の製造方法において、

上記第1のゲート電極および上記第2のゲート電極を形成する工程と、

上記第1のゲート電極および上記第2のゲート電極を形成した後、窒素雰囲気中においてラビッドサーマルアニーリングを行うことにより上記第1のゲート電極および上記第2のゲート電極の少なくとも側面を窒化する工程と、

上記ラビッドサーマルアニーリングを行った後、上記第1のゲート電極および上記第2のゲート電極の側面ならびに上記ゲート電極と基板との界面の酸化を行う工程とを有することを特徴とする半導体装置の製造方法。

【請求項9】 650°C以上750°C以下の温度で上記ラビッドサーマルアニーリングを行うようにしたことを特徴とする請求項8記載の半導体装置の製造方法。

20

【請求項10】 上記酸化を行う工程において、酸化炉への基板の入炉時から酸化温度への昇温時に上記酸化炉に窒素を20リットル/分以上30リットル/分以下の流量で供給するようにしたことを特徴とする請求項8記載の半導体装置の製造方法。

【請求項11】 上記酸化温度を750°C以上800°C以下、上記酸化膜厚を2nm以上5nm以下、温度安定のための安定化ステップをほぼ0分とするようにしたことを特徴とする請求項10記載の半導体装置の製造方法。

30

【請求項12】 上記酸化を行った後、ソース領域およびドレイン領域を形成するためのイオン注入を行い、その後、不活性ガス雰囲気中において925°C以上975°C以下の温度で5秒以上15秒以下の時間ラビッドサーマルアニーリングを行うようにしたことを特徴とする請求項8記載の半導体装置の製造方法。

40

【請求項13】 上記ソース領域およびドレイン領域を高不純物濃度部と低不純物濃度部とにより形成する場合において、上記低不純物濃度部を形成するためのイオン注入を行い、その後、不活性ガス雰囲気中において925°C以上975°C以下の温度で5秒以上15秒以下の時間ラビッドサーマルアニーリングを行い、次いで、上記高不純物濃度部を形成するためのイオン注入を行い、その後、不活性ガス雰囲気中において925°C以上975°C以下の温度で5秒以上15秒以下の時間ラビッドサーマルアニーリングを行うようにしたことを特徴とする請求項12記載の半導体装置の製造方法。

50

【請求項14】 上記pチャネルMISトランジスタのソース領域およびドレイン領域を形成するためのイオン注入を、イオン種としてホウ素を用い、エネルギー6keV以上8keV以下、ドーズ量 $2 \times 10^{15} \text{ cm}^{-2}$ 以上 $3 \times 10^{15} \text{ cm}^{-2}$ の条件に設定して行うようにしたことを特徴とする請求項12記載の半導体装置の製造方法。

【請求項15】 上記高融点金属シリサイド膜はタンガステンシリサイド膜であることを特徴とする請求項8記載の半導体装置の製造方法。

【請求項16】 n型またはp型の多結晶シリコン膜上に高融点金属シリサイド膜が積層された構造のゲート電極を有するMISトランジスタを有する半導体装置の製造方法において、

上記ゲート電極を形成する工程と、

上記ゲート電極を形成した後、上記ゲート電極の側面および上記ゲート電極と基板との界面の酸化を行う工程とを有し、

上記酸化を行う工程において、酸化炉への基板の入炉時から酸化温度への昇温時に上記酸化炉に窒素を20リットル／分以上30リットル／分以下の流量で供給するようにしたことを特徴とする半導体装置の製造方法。

【請求項17】 上記ゲート電極を形成した後、上記酸化を行う前に、窒素雰囲気中においてラビッドサーマルアニーリングを行うことにより上記ゲート電極の少なくとも側面を窒化するようにしたことを特徴とする請求項16記載の半導体装置の製造方法。

【請求項18】 650°C以上750°C以下の温度で上記ラビッドサーマルアニーリングを行うようにしたことを特徴とする請求項17記載の半導体装置の製造方法。

【請求項19】 上記酸化温度を750°C以上800°C以下、上記酸化膜厚を2nm以上5nm以下、温度安定のための安定化ステップをほぼ0分とするようにしたことを特徴とする請求項16記載の半導体装置の製造方法。

【請求項20】 上記酸化を行った後、ソース領域およびドレイン領域を形成するためのイオン注入を行い、その後、不活性ガス雰囲気中において925°C以上975°C以下の温度で5秒以上15秒以下の時間ラビッドサーマルアニーリングを行うようにしたことを特徴とする請求項16記載の半導体装置の製造方法。

【請求項21】 上記ソース領域およびドレイン領域を高不純物濃度部と低不純物濃度部とにより形成する場合において、上記低不純物濃度部を形成するためのイオン注入を行い、その後、不活性ガス雰囲気中において925°C以上975°C以下の温度で5秒以上15秒以下の時間ラビッドサーマルアニーリングを行うようにしたことを特徴とする請求項20記載の半導体装置の製造方法。

【請求項22】 上記pチャネルMISトランジスタのソース領域およびドレイン領域を形成するためのイオン注入を、イオン種としてホウ素を用い、エネルギー6keV以上8keV以下、ドーズ量 $2 \times 10^{15} \text{ cm}^{-2}$ 以上 $3 \times 10^{15} \text{ cm}^{-2}$ の条件に設定して行うようにしたこと

を特徴とする請求項20記載の半導体装置の製造方法。

【請求項23】 上記高融点金属シリサイド膜はタンガステンシリサイド膜であることを特徴とする請求項16記載の半導体装置の製造方法。

【請求項24】 n型多結晶シリコン膜上に高融点金属シリサイド膜が積層された構造の第1のゲート電極を有するnチャネルMISトランジスタと、p型多結晶シリコン膜上に高融点金属シリサイド膜が積層された構造の第2のゲート電極を有するpチャネルMISトランジスタとを有し、上記第1のゲート電極と上記第2のゲート電極とが互いに接続されている半導体装置の製造方法において、

上記第1のゲート電極および上記第2のゲート電極を形成する工程と、

上記第1のゲート電極および上記第2のゲート電極を形成した後、上記第1のゲート電極および上記第2のゲート電極の側面ならびに上記第1のゲート電極および上記第2のゲート電極と基板との界面の酸化を行う工程とを有し、

20 上記酸化を行う工程において、酸化炉への基板の入炉時から酸化温度への昇温時に上記酸化炉に窒素を20リットル／分以上30リットル／分以下の流量で供給するようにしたことを特徴とする半導体装置の製造方法。

【請求項25】 上記第1のゲート電極および上記第2のゲート電極を形成した後、上記酸化を行う前に、窒素雰囲気中においてラビッドサーマルアニーリングを行うことにより上記第1のゲート電極および上記第2のゲート電極の少なくとも側面を窒化するようにしたことを特徴とする請求項24記載の半導体装置の製造方法。

【請求項26】 650°C以上750°C以下の温度で上記ラビッドサーマルアニーリングを行うようにしたことを特徴とする請求項25記載の半導体装置の製造方法。

【請求項27】 上記酸化温度を750°C以上800°C以下、上記酸化膜厚を2nm以上5nm以下、温度安定のためのスタビライズステップをほぼ0分とするようにしたことを特徴とする請求項24記載の半導体装置の製造方法。

【請求項28】 上記酸化を行った後、ソース領域およびドレイン領域を形成するためのイオン注入を行い、その後、不活性ガス雰囲気中において925°C以上975°C以下の温度で5秒以上15秒以下の時間ラビッドサーマルアニーリングを行うようにしたことを特徴とする請求項24記載の半導体装置の製造方法。

【請求項29】 上記ソース領域およびドレイン領域を高不純物濃度部と低不純物濃度部とにより形成する場合において、上記低不純物濃度部を形成するためのイオン注入を行い、その後、不活性ガス雰囲気中において925°C以上975°C以下の温度で5秒以上15秒以下の時間ラビッドサーマルアニーリングを行い、次いで、上記高不純物濃度部を形成するためのイオン注入を行い、そ

50 その他の記載の半導体装置の製造方法。

5  
の後、不活性ガス雰囲気中において925°C以上975°C以下の温度で5秒以上15秒以下の時間ラビッドサーマルアニーリングを行うようにしたことを特徴とする請求項28記載の半導体装置の製造方法。

【請求項30】 上記pチャネルMISトランジスタのソース領域およびドレイン領域を形成するためのイオン注入を、イオン種としてホウ素を用い、エネルギー6keV以上8keV以下、ドーズ量 $2 \times 10^{15} \text{ cm}^{-2}$ 以上 $3 \times 10^{15} \text{ cm}^{-2}$ の条件に設定して行うようにしたことを特徴とする請求項28記載の半導体装置の製造方法。

【請求項31】 上記高融点金属シリサイド膜はタングステンシリサイド膜であることを特徴とする請求項24記載の半導体装置の製造方法。

【請求項32】 n型またはp型の多結晶シリコン膜上に高融点金属シリサイド膜が積層された構造のゲート電極を有するMISトランジスタを有する半導体装置の製造方法において、

上記ゲート電極を形成する工程と、

上記ゲート電極を形成した後、上記ゲート電極の側面および上記ゲート電極と基板との界面の酸化を行う工程と、

上記酸化を行った後、ソース領域およびドレイン領域を形成するためのイオン注入を行う工程と、

上記イオン注入を行った後、不活性ガス雰囲気中において925°C以上975°C以下の温度で5秒以上15秒以下の時間ラビッドサーマルアニーリングを行う工程とを有することを特徴とする半導体装置の製造方法。

【請求項33】 上記ソース領域およびドレイン領域を高不純物濃度部と低不純物濃度部とにより形成する場合において、上記低不純物濃度部を形成するためのイオン注入を行い、その後、不活性ガス雰囲気中において925°C以上975°C以下の温度で5秒以上15秒以下の時間ラビッドサーマルアニーリングを行い、次いで、上記高不純物濃度部を形成するためのイオン注入を行い、その後、不活性ガス雰囲気中において925°C以上975°C以下の温度で5秒以上15秒以下の時間ラビッドサーマルアニーリングを行うようにしたことを特徴とする請求項32記載の半導体装置の製造方法。

【請求項34】 上記ゲート電極を形成した後、上記酸化を行う前に、窒素雰囲気中においてラビッドサーマルアニーリングを行うことにより上記ゲート電極の少なくとも側面を窒化するようにしたことを特徴とする請求項32記載の半導体装置の製造方法。

【請求項35】 650°C以上750°C以下の温度で上記窒素雰囲気中における上記ラビッドサーマルアニーリングを行うようにしたことを特徴とする請求項32記載の半導体装置の製造方法。

【請求項36】 上記酸化を行う工程において、酸化炉への基板の入炉時から酸化温度への昇温時に上記酸化炉に窒素を20リットル/分以上30リットル/分以下の

流量で供給するようにしたことを特徴とする請求項32記載の半導体装置の製造方法。

【請求項37】 上記酸化温度を750°C以上800°C以下、上記酸化膜厚を2nm以上5nm以下、温度安定のための安定化ステップをほぼ0分とするようにしたことを特徴とする請求項36記載の半導体装置の製造方法。

【請求項38】 上記高融点金属シリサイド膜はタングステンシリサイド膜であることを特徴とする請求項32記載の半導体装置の製造方法。

【請求項39】 n型多結晶シリコン膜上に高融点金属シリサイド膜が積層された構造の第1のゲート電極を有するnチャネルMISトランジスタと、p型多結晶シリコン膜上に高融点金属シリサイド膜が積層された構造の第2のゲート電極を有するpチャネルMISトランジスタとを有し、上記第1のゲート電極と上記第2のゲート電極とが互いに接続されている半導体装置の製造方法において、

上記第1のゲート電極および上記第2のゲート電極を形成する工程と、

上記第1のゲート電極および上記第2のゲート電極を形成した後、上記第1のゲート電極および上記第2のゲート電極の側面ならびに上記第1のゲート電極および上記第2のゲート電極と基板との界面の酸化を行う工程と、上記酸化を行った後、ソース領域およびドレイン領域を形成するためのイオン注入を行う工程と、

上記イオン注入を行った後、不活性ガス雰囲気中において925°C以上975°C以下の温度で5秒以上15秒以下の時間ラビッドサーマルアニーリングを行う工程とを有することを特徴とする半導体装置の製造方法。

【請求項40】 上記ソース領域およびドレイン領域を高不純物濃度部と低不純物濃度部とにより形成する場合において、上記低不純物濃度部を形成するためのイオン注入を行い、その後、不活性ガス雰囲気中において925°C以上975°C以下の温度で5秒以上15秒以下の時間ラビッドサーマルアニーリングを行い、次いで、上記高不純物濃度部を形成するためのイオン注入を行い、その後、不活性ガス雰囲気中において925°C以上975°C以下の温度で5秒以上15秒以下の時間ラビッドサーマルアニーリングを行うようにしたことを特徴とする請求項39記載の半導体装置の製造方法。

【請求項41】 上記第1のゲート電極および上記第2のゲート電極を形成した後、上記酸化を行う前に、窒素雰囲気中においてラビッドサーマルアニーリングを行うことにより上記第1のゲート電極および上記第2のゲート電極の少なくとも側面を窒化するようにしたことを特徴とする請求項39記載の半導体装置の製造方法。

【請求項42】 650°C以上750°C以下の温度で上記窒素雰囲気中における上記ラビッドサーマルアニーリングを行うようにしたことを特徴とする請求項39記載

の半導体装置の製造方法。

【請求項43】 上記酸化を行う工程において、酸化炉への基板の入炉時から酸化温度への昇温時に上記酸化炉に窒素を20リットル/分以上30リットル/分以下の流量で供給するようにしたことを特徴とする請求項39記載の半導体装置の製造方法。

【請求項44】 上記酸化温度を750°C以上800°C以下、上記酸化膜厚を2nm以上5nm以下、温度安定のための安定化ステップをほぼ0分とするようにしたことを特徴とする請求項39記載の半導体装置の製造方法。

【請求項45】 上記pチャネルMISトランジスタのソース領域およびドレイン領域を形成するためのイオン注入を、イオン種としてホウ素を用い、エネルギー6keV以上8keV以下、ドーズ量 $2 \times 10^{15} \text{ cm}^{-2}$ 以上 $3 \times 10^{15} \text{ cm}^{-2}$ の条件に設定して行うようにしたことを特徴とする請求項39記載の半導体装置の製造方法。

【請求項46】 上記高融点金属シリサイド膜はタングステンシリサイド膜であることを特徴とする請求項39記載の半導体装置の製造方法。

#### 【発明の詳細な説明】

##### 【0001】

【発明の属する技術分野】この発明は、半導体装置の製造方法に関し、特に、ポリサイド構造のゲート電極を有するMISトランジスタを有する半導体装置、例えば、DRAM混載論理LSIの製造に適用して好適なものである。

##### 【0002】

【従来の技術】DRAMの製造プロセスにおいて、データの保持特性（リテンション特性）を確保するために、ソース領域およびドレイン領域を形成する拡散層の接合リーキを抑制することが重要である。近年、半導体プロセスのスケーリングが進むにつれて、この接合リーキは、電界の増加と、基板不純物濃度の高濃度化により大きくなる傾向にあり、接合リーキの抑制の必要性はますます強くなっている。この接合リーキの抑制には、ゲート電極形成後に、ゲート電極の側面およびSi基板が剥き出しの状態で、酸化（以下「スクリーン酸化」と呼ぶこともある）を行うことが有効である。ゲート電極がポリサイド構造である場合、このスクリーン酸化によりゲート電極の下層の多結晶Si膜とSi基板との間で酸化が進み、いわゆるバーズピークと呼ばれる酸化の入り込みが生じ、これがゲート電極の端の拡散層に加わる電界を緩和し、接合リーキが抑制される効果が得られる。

##### 【0003】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、上述の従来の技術においては、タングステンシリサイド(WSi<sub>x</sub>)／多結晶Siからなるポリサイド構造のゲート電極に上記のようなスクリーン酸化を行うと、WSi<sub>x</sub>の

異常酸化が発生してしまうという問題があった。このWSi<sub>x</sub>の異常酸化とは、酸素との反応により生成されたタングステン酸化物がゲート電極の横方向あるいは縦方向に成長する現象で、隣のゲート電極やコンタクトなどとショートを引き起こす問題である。

【0004】このような理由により、WSi<sub>x</sub>／多結晶Siからなるポリサイド構造のゲート電極を有するデバイスの製造プロセスにおいては、WSi<sub>x</sub>の異常酸化が発生しないスクリーン酸化プロセスが求められていた。

【0005】一方、論理回路に用いられるMOSトランジスタは、スイッチング特性、オフリース特性的点で有利な表面チャネル型のトランジスタが用いられるようになってきた。表面チャネル型のトランジスタを形成するためには、ゲート電極に多結晶Siを用いる場合、仕事関数差から、nチャネルMOSトランジスタにはn<sup>+</sup>型多結晶Siを、pチャネルMOSトランジスタにはp<sup>+</sup>型多結晶Siを用いる必要がある。このようにnチャネルMOSトランジスタとpチャネルMOSトランジスタとに異種のゲート電極を用いるトランジスタをデュアルゲートトランジスタと呼ぶ。このデュアルゲートトランジスタの形成方法としては、nチャネルMOSトランジスタのゲート電極のn<sup>+</sup>型多結晶Siはn型不純物としてリン(P)やヒ素(A<sub>s</sub>)を、pチャネルMOSトランジスタのゲート電極のp<sup>+</sup>型多結晶Siはp型不純物としてホウ素(B)をイオン注入し、熱処理により活性化させる方法が一般的である。ところが、この場合、pチャネルMOSトランジスタにおいては、ゲート電極のp<sup>+</sup>型多結晶Si中のホウ素は、熱拡散によって容易に拡散する。そのため、pチャネルMOSトランジスタのゲート電極とnチャネルMOSトランジスタのゲート電極とがつながっている回路では、pチャネルMOSトランジスタのゲート電極のp<sup>+</sup>型多結晶Si中のp型不純物とnチャネルMOSトランジスタのゲート電極のn<sup>+</sup>型多結晶Si中のn型不純物とが相互に拡散して移動してしまい、トランジスタ特性が変動してしまうという問題がある。

従来のスクリーン酸化による熱処理は、この相互拡散を引き起こしてしまうには十分な温度である。スクリーン酸化を行うためには、この相互拡散の抑制が必要とされていた。

【0006】また、近年、DRAM混載論理LSIが実用化されているが、このDRAM混載論理LSIの製造プロセスにおいては、DRAMのメモリセルのワード線の抵抗を低くし、さらにメモリセル中のコンタクトにセルフアラインコンタクトを用いるため、ゲート電極上部に多結晶Si膜を形成し、これをサリサイド化するフルサリサイド構造を使用することができないため、WSi<sub>x</sub>などのシリサイド膜とオフセット絶縁膜との積層構造を用いる必要がある。このように、DRAM混載論理LSIの製造プロセスにおいては、DRAMのリテンション特性で必要とされるスクリーン酸化工程を導入した場

合に、ゲート電極に用いるWSi<sub>x</sub>の異常酸化を抑制し、かつ、論理回路部のデュアルゲートトランジスタに特性変動を生じないプロセスが求められていた。

【0007】したがって、この発明が解決しようとする課題は、ポリサイド構造を有するゲート電極を形成した後にスクリーン酸化を行うときに、ゲート電極を形成する高融点金属シリサイド膜の異常酸化を抑制することができる半導体装置の製造方法を提供することにある。

【0008】この発明が解決しようとする他の課題は、それぞれポリサイド構造を有するゲート電極を有するnチャネルMISトランジスタとpチャネルMISトランジスタにより構成されるデュアルゲート相補型MISトランジスタを形成する場合に、ポリサイド構造を有するゲート電極を形成した後にスクリーン酸化を行うときに、ゲート電極を形成する高融点金属シリサイド膜の異常酸化を抑制することができる半導体装置の製造方法を提供することにある。

【0009】この発明が解決しようとするさらに他の課題は、それぞれポリサイド構造を有するゲート電極を有するnチャネルMISトランジスタとpチャネルMISトランジスタにより構成されるデュアルゲート相補型MISトランジスタを形成する場合に、nチャネルMISトランジスタのゲート電極を形成するn型多結晶シリコン膜中のn型不純物とpチャネルMISトランジスタのゲート電極を形成するp型多結晶シリコン膜中のp型不純物との相互拡散を抑制してデュアルゲート相補型MISトランジスタの特性変動を抑制することができる半導体装置の製造方法を提供することにある。

【0010】この発明が解決しようとするさらに他の課題は、それぞれポリサイド構造を有するゲート電極を有するnチャネルMISトランジスタとpチャネルMISトランジスタにより構成されるデュアルゲート相補型MISトランジスタを形成する場合に、ソース領域およびドレイン領域を形成するためのイオン注入を行った後に、注入不純物の初期増速拡散を抑制してトランジスタの特性の変動を抑制することができる半導体装置の製造方法を提供することにある。

#### 【0011】

【課題を解決するための手段】上記課題を解決するために、この発明の第1の発明は、n型またはp型の多結晶シリコン膜上に高融点金属シリサイド膜が積層された構造のゲート電極を有するMISトランジスタを有する半導体装置の製造方法において、ゲート電極を形成する工程と、ゲート電極を形成した後、窒素雰囲気中においてラビッドサーマルアニーリングを行うことによりゲート電極の少なくとも側面を窒化する工程と、ラビッドサーマルアニーリングを行った後、ゲート電極の側面およびゲート電極と基板との界面の酸化を行う工程とを有することを特徴とするものである。

#### 【0012】この発明の第1の発明においては、ゲート

電極の酸化の際に、ゲート電極を形成する高融点金属シリサイド膜の異常酸化を効果的に抑制する観点から、好適には、650°C以上750°C以下の温度でラビッドサーマルアニーリングを行う。また、この異常酸化をより有効に抑制するためには、好適には、酸化を行う工程において、酸化炉への基板の入炉時から酸化温度への昇温時に酸化炉に窒素を20リットル/分以上30リットル/分以下の流量で供給する。さらに、ゲート電極の酸化の際に、ゲート電極を形成する多結晶シリコン膜から不純物が高融点金属シリサイド膜を拡散して外部に析出するのを防止する観点から、好適には、酸化温度を750°C以上800°C以下、酸化膜厚を2nm以上5nm以下、温度安定のための安定化ステップをほぼ0分とする。また、ゲート電極を形成する多結晶シリコン膜から不純物が高融点金属シリサイド膜を拡散して外部に析出するのを防止するとともに、注入不純物の初期増速拡散によるトランジスタ特性の変動を抑制する観点から、好適には、ゲート電極の酸化を行った後、ソース領域およびドレイン領域を形成するためのイオン注入を行い、その後、不活性ガス雰囲気中において925°C以上975°C以下の温度で5秒以上15秒以下の時間ラビッドサーマルアニーリングを行う。

【0013】この発明の第2の発明は、n型多結晶シリコン膜上に高融点金属シリサイド膜が積層された構造の第1のゲート電極を有するnチャネルMISトランジスタと、p型多結晶シリコン膜上に高融点金属シリサイド膜が積層された構造の第2のゲート電極を有するpチャネルMISトランジスタとを有し、第1のゲート電極と第2のゲート電極とが互いに接続されている半導体装置の製造方法において、第1のゲート電極および第2のゲート電極を形成する工程と、第1のゲート電極および第2のゲート電極を形成した後、窒素雰囲気中においてラビッドサーマルアニーリングを行うことにより第1のゲート電極および第2のゲート電極の少なくとも側面を窒化する工程と、ラビッドサーマルアニーリングを行った後、第1のゲート電極および第2のゲート電極の側面ならびにゲート電極と基板との界面の酸化を行う工程とを有することを特徴とするものである。

【0014】この発明の第2の発明においては、ゲート電極の酸化の際に、ゲート電極を形成する高融点金属シリサイド膜の異常酸化を効果的に抑制する観点から、好適には、650°C以上750°C以下の温度でラビッドサーマルアニーリングを行う。また、この異常酸化をより有効に抑制するためには、好適には、酸化を行う工程において、酸化炉への基板の入炉時から酸化温度への昇温時に酸化炉に窒素を20リットル/分以上30リットル/分以下の流量で供給する。さらに、ゲート電極の酸化の際に、nチャネルMISトランジスタのゲート電極を形成するn型多結晶シリコン膜中のn型不純物とpチャネルMISトランジスタのゲート電極を形成するp型多

結晶シリコン膜中のp型不純物とが相互拡散してトランジスタ特性に変動を与えるのを防止する観点から、好適には、酸化温度を750°C以上800°C以下、酸化膜厚を2nm以上5nm以下、温度安定のためのスタビライズステップをほぼ0分とする。また、nチャネルMISトランジスタのゲート電極を形成するn型多結晶シリコン膜中のn型不純物とpチャネルMISトランジスタのゲート電極を形成するp型多結晶シリコン膜中のp型不純物とが相互拡散してトランジスタ特性に変動を与えるのを防止するとともに、注入不純物の初期増速拡散によるトランジスタ特性の変動を抑制する観点から、好適には、ゲート電極の酸化を行った後、ソース領域およびドレイン領域を形成するためのイオン注入を行い、その後、不活性ガス雰囲気中において925°C以上975°C以下の温度で5秒以上15秒以下の時間ラピッドサーマルアニーリングを行う。

【0015】この発明の第3の発明は、n型またはp型の多結晶シリコン膜上に高融点金属シリサイド膜が積層された構造のゲート電極を有するMISトランジスタを有する半導体装置の製造方法において、ゲート電極を形成する工程と、ゲート電極を形成した後、ゲート電極の側面およびゲート電極と基板との界面の酸化を行う工程とを有し、酸化を行う工程において、酸化炉への基板の入炉時から酸化温度への昇温時に酸化炉に窒素を20リットル/分以上30リットル/分以下の流量で供給するようにしたことを特徴とするものである。

【0016】この発明の第3の発明において、ゲート電極の酸化の際に、ゲート電極を形成する高融点金属シリサイド膜の異常酸化を防止する観点から、好適には、ゲート電極を形成した後、酸化を行う前に、窒素雰囲気中においてラピッドサーマルアニーリングを行うことによりゲート電極の少なくとも側面を窒化する。好適には、650°C以上750°C以下の温度でのラピッドサーマルアニーリングを行う。また、ゲート電極の酸化の際に、ゲート電極を形成する多結晶シリコン膜から不純物が高融点金属シリサイド膜を拡散してこの高融点金属シリサイド膜が異常酸化されるのを防止する観点から、好適には、酸化温度を750°C以上800°C以下、酸化膜厚を2nm以上5nm以下、温度安定のための安定化ステップをほぼ0分とする。また、ゲート電極を形成する多結晶シリコン膜から不純物が高融点金属シリサイド膜を拡散してこの高融点金属シリサイド膜が異常酸化されるのを防止するとともに、初期増速拡散によるトランジ

スタと特性の変動を抑制する観点から、好適には、ゲート電極の酸化を行った後、ソース領域およびドレイン領域を形成するためのイオン注入を行い、その後、不活性ガス雰囲気中において925°C以上975°C以下の温度で5秒以上15秒以下の時間ラピッドサーマルアニーリングを行う。

【0017】この発明の第4の発明は、n型多結晶シリコン膜上に高融点金属シリサイド膜が積層された構造の第1のゲート電極を有するnチャネルMISトランジスタと、p型多結晶シリコン膜上に高融点金属シリサイド膜が積層された構造の第2のゲート電極を有するpチャネルMISトランジスタとを有し、第1のゲート電極と第2のゲート電極とが互いに接続されている半導体装置の製造方法において、第1のゲート電極および第2のゲート電極を形成する工程と、第1のゲート電極および第2のゲート電極を形成した後、第1のゲート電極および第2のゲート電極の側面ならびに第1のゲート電極および第2のゲート電極と基板との界面の酸化を行う工程とを有し、酸化を行う工程において、酸化炉への基板の入炉時から酸化温度への昇温時に酸化炉に窒素を20リットル/分以上30リットル/分以下の流量で供給するようにしたことを特徴とするものである。

【0018】この発明の第4の発明において、ゲート電極の酸化の際に、ゲート電極を形成する高融点金属シリサイド膜の異常酸化を防止する観点から、好適には、ゲート電極を形成した後、酸化を行う前に、窒素雰囲気中においてラピッドサーマルアニーリングを行うことによりゲート電極の少なくとも側面を窒化する。好適には、650°C以上750°C以下の温度でのラピッドサーマルアニーリングを行う。また、ゲート電極の酸化の際に、nチャネルMISトランジスタのゲート電極を形成するn型多結晶シリコン膜中のn型不純物とpチャネルMISトランジスタのゲート電極を形成するp型多結晶シリコン膜中のp型不純物とが相互拡散してトランジスタ特性に変動を与えるのを防止するとともに、注入不純物の初期増速拡散によるトランジスタ特性の変動を抑制する観点から、好適には、酸化温度を750°C以上800°C以下、酸化膜厚を2nm以上5nm以下、温度安定のための安定化ステップをほぼ0分とする。また、nチャネルMISトランジスタのゲート電極を形成するn型多結晶シリコン膜中のn型不純物とpチャネルMISトランジスタのゲート電極を形成するp型多結晶シリコン膜中のp型不純物とが相互拡散してトランジスタ特性に変動を与えるのを防止するとともに、注入不純物の初期増速拡散によるトランジスタ特性の変動を抑制する観点から、好適には、ゲート電極の酸化を行った後、ソース領域およびドレイン領域を形成するためのイオン注入を行い、その後、不活性ガス雰囲気中において925°C以上975°C以下の温度で5秒以上15秒以下の時間ラピッドサーマルアニーリングを行う。また、特に、pチャ

ネルMISトランジスタにおいて、ソース領域およびドレイン領域の接合リーケークの増加を抑制する観点から、好適には、pチャネルMISトランジスタのソース領域およびドレイン領域を形成するためのイオン注入を、イオン種としてホウ素を用い、エネルギー6keV以上8keV以下、ドーズ量 $2 \times 10^{15} \text{ cm}^{-2}$ 以上 $3 \times 10^{15} \text{ cm}^{-2}$ の条件に設定して行う。

【0019】この発明の第5の発明は、n型またはp型の多結晶シリコン膜上に高融点金属シリサイド膜が積層された構造のゲート電極を有するMISトランジスタを有する半導体装置の製造方法において、ゲート電極を形成する工程と、ゲート電極を形成した後、ゲート電極の側面およびゲート電極と基板との界面の酸化を行う工程と、酸化を行った後、ソース領域およびドレイン領域を形成するためのイオン注入を行う工程と、イオン注入を行った後、不活性ガス雰囲気中において925°C以上975°C以下の温度で5秒以上15秒以下の時間ラビッドサーマルアニーリングを行う工程とを有することを特徴とするものである。

【0020】この発明の第5の発明において、ゲート電極の酸化の際に、ゲート電極を形成する高融点金属シリサイド膜の異常酸化を防止する観点から、好適には、ゲート電極を形成した後、酸化を行う前に、窒素雰囲気中においてラビッドサーマルアニーリングを行うことによりゲート電極の少なくとも側面を窒化する。好適には、650°C以上750°C以下の温度でこのラビッドサーマルアニーリングを行う。また、この異常酸化をより有効に抑制する観点から、好適には、酸化を行う工程において、酸化炉への基板の入炉時から酸化温度への昇温時に上記酸化炉に窒素を20リットル/分以上30リットル/分以下の流量で供給する。また、ゲート電極の酸化の際に、ゲート電極を形成する多結晶シリコン膜から不純物が高融点金属シリサイド膜を拡散して外部に析出するのを防止する観点から、好適には、酸化温度を750°C以上800°C以下、酸化膜厚を2nm以上5nm以下、温度安定のための安定化ステップをほぼ0分とする。

【0021】この発明の第6の発明は、n型多結晶シリコン膜上に高融点金属シリサイド膜が積層された構造の第1のゲート電極を有するnチャネルMISトランジスタと、p型多結晶シリコン膜上に高融点金属シリサイド膜が積層された構造の第2のゲート電極を有するpチャネルMISトランジスタとを有し、第1のゲート電極と第2のゲート電極とが互いに接続されている半導体装置の製造方法において、第1のゲート電極および第2のゲート電極を形成する工程と、第1のゲート電極および第2のゲート電極を形成した後、第1のゲート電極および第2のゲート電極の側面ならびに第1のゲート電極および第2のゲート電極と基板との界面の酸化を行う工程と、酸化を行った後、ソース領域およびドレイン領域を形成するためのイオン注入を行う工程と、イオン注入を

行った後、不活性ガス雰囲気中において925°C以上975°C以下の温度で5秒以上15秒以下の時間ラビッドサーマルアニーリングを行う工程とを有することを特徴とするものである。

【0022】この発明の第6の発明において、ゲート電極の酸化の際に、ゲート電極を形成する高融点金属シリサイド膜の異常酸化を防止する観点から、好適には、ゲート電極を形成した後、酸化を行う前に、窒素雰囲気中においてラビッドサーマルアニーリングを行うことによりゲート電極の少なくとも側面を窒化する。好適には、650°C以上750°C以下の温度でこのラビッドサーマルアニーリングを行う。また、この異常酸化をより有効に抑制する観点から、好適には、酸化を行う工程において、酸化炉への基板の入炉時から酸化温度への昇温時に酸化炉に窒素を20リットル/分以上30リットル/分以下の流量で供給する。また、酸化温度を750°C以上800°C以下、酸化膜厚を2nm以上5nm以下、温度安定のための安定化ステップをほぼ0分とする。ゲート電極の酸化の際に、nチャネルMISトランジスタのゲート電極を形成するn型多結晶シリコン膜中のn型不純物とpチャネルMISトランジスタのゲート電極を形成するp型多結晶シリコン膜中のp型不純物とが相互拡散してトランジスタ特性に変動を与えるのを防止する観点から、好適には、酸化温度を750°C以上800°C以下、酸化膜厚を2nm以上5nm以下、温度安定のための安定化ステップをほぼ0分とする。また、特に、pチャネルMISトランジスタにおいて、ソース領域およびドレイン領域の接合リーケークの増加を抑制する観点から、好適には、pチャネルMISトランジスタのソース領域およびドレイン領域を形成するためのイオン注入を、イオン種としてホウ素を用い、エネルギー6keV以上8keV以下、ドーズ量 $2 \times 10^{15} \text{ cm}^{-2}$ 以上 $3 \times 10^{15} \text{ cm}^{-2}$ の条件に設定して行う。

【0023】この発明において、ゲート電極を形成する高融点金属シリサイド膜は、具体的には、タンゲステンシリサイド膜のほか、モリブデンシリサイド膜、タンタルシリサイド膜、チタンシリサイド膜などである。

【0024】上述のように構成されたこの発明によれば、ゲート電極の酸化を行う前に窒素雰囲気中でラビッドサーマルアニーリングを行うことによりゲート電極の少なくとも側面を窒化することにより、この窒化により形成された窒化膜が、その後にゲート電極の酸化を行うときに酸化防止膜として機能することにより、ゲート電極を形成する高融点金属シリサイド膜の異常酸化を効果的に抑制することができる。

【0025】また、酸化を行う工程において、酸化炉への基板の入炉時から酸化温度への昇温時に上記酸化炉に窒素を20リットル/分以上30リットル/分以下の流量で供給することにより、ゲート電極の側壁に窒化膜が形成され、この窒化膜が、その後にゲート電極の酸化を

行うときに酸化防止膜として機能することにより、ゲート電極を形成する高融点金属シリサイド膜の異常酸化を効果的に抑制することができる。また、ゲート電極の酸化の工程において、酸化温度を750°C以上800°C以下、酸化膜厚を2nm以上5nm以下、温度安定のためのスタビライズステップをほぼ0分とすることにより、ゲート電極を構成する多結晶シリコン膜中の不純物の高融点金属シリサイド膜中への拡散を効果的に抑制することができる。

【0026】また、ソース領域およびドレイン領域を形成するためのイオン注入を行った後、不活性ガス雰囲気中において925°C以上975°C以下の温度で5秒以上15秒以下の時間ラピッドサーマルアニーリングを行うことにより、ゲート電極を構成する多結晶シリコン膜中の不純物の高融点金属シリサイド膜中への拡散を効果的に抑制しつつ、注入不純物の初期増速拡散を抑制することができる。さらに、特に、pチャネルMISトランジスタのソース領域およびドレイン領域を形成するためのイオン注入を、イオン種としてホウ素を用い、エネルギー6keV以上8keV以下、ドーズ量 $2 \times 10^{15} \text{ cm}^{-2}$ 以上 $3 \times 10^{15} \text{ cm}^{-2}$ の条件に設定して行うことにより、これらのソース領域およびドレイン領域の深さを最適化することができ、ソース領域およびドレイン領域の接合リーケの増加を抑制することができる。

#### 【0027】

【発明の実施の形態】以下、この発明の一実施形態について図面を参照しながら説明する。なお、実施形態の全図において、同一または対応する部分には同一の符号を付す。

【0028】図1～図6はこの発明の一実施形態によるDRAM混載論理LSIの製造方法を示す。ただし、ここでは、DRAM混載論理LSIの論理回路部に着目して図示および説明を行い、DRAM部については図示および説明を省略する。

【0029】この一実施形態においては、まず、図1に示すように、あらかじめ例えばSTI(Shallow Trench Isolation)などによる素子分離領域1aが形成されたSi基板1中にイオン注入によりpウェル2およびnウェル3を形成する。pウェル2形成用のp型不純物としてはBやInなどを用い、nウェル3形成用のn型不純物としてはPやAsなどを用いる。次に、pウェル2およびnウェル3のそれぞれに表面濃度調整用の不純物のイオン注入を行う。このイオン注入は、これらのpウェル2およびnウェル3に形成するトランジスタのしきい値を決めるためのものである。

【0030】次に、図2に示すように、Si基板1の表面にゲート絶縁膜4を形成する。このゲート絶縁膜4としては、SiO<sub>2</sub>膜や窒化酸化膜(SiON膜)などを用いる。このうちSiO<sub>2</sub>膜はドライO<sub>2</sub>またはバイロ雰囲気中でSi基板1の熱酸化を行うことにより形成

し、SiON膜はドライO<sub>2</sub>またはバイロ雰囲気中でSi基板1の熱酸化を行ってSiO<sub>2</sub>膜を形成した後、NO<sub>x</sub>、O<sub>2</sub>またはNH<sub>3</sub>ガス雰囲気中でアニールを行うことによりSiO<sub>2</sub>膜中にNをドーピングして形成する。

【0031】次に、ゲート電極を次のようにして形成する。すなわち、図3に示すように、ゲート絶縁膜4の全面に多結晶Si膜5を形成した後、この多結晶Si膜5のうち、nチャネルMOSトランジスタのゲート電極形成部にはPを、pチャネルMOSトランジスタのゲート電極形成部にはBをイオン注入する。次に、例えば800°C以上の温度でアニールを行い、注入不純物の活性化を行う。次に、多結晶Si膜5の全面にスパッタリング法によりWSix膜6を形成する。次に、このWSix膜6上にSiO<sub>2</sub>膜からなるオフセット絶縁膜7を形成する。次に、オフセット絶縁膜7上にリソグラフィーにより所定形状のレジストバターン(図示せず)を形成した後、このレジストバターンをマスクとして多結晶Si膜5、WSix膜6およびオフセット絶縁膜7を反応性イオンエッティング(RIE)法などのドライエッティング法によりエッティングする。このようにしてバターニングされた多結晶Si膜5およびその上のWSix膜6によりゲート電極が構成される。ここで、図示は省略するが、実際には、nチャネルMOSトランジスタのゲート電極とpチャネルMOSトランジスタのゲート電極とは相互につながった状態で形成されている。このエッティング後の状態では、多結晶Si膜5およびWSix膜6の側面が剥き出しなっている。

【0032】ここで、ゲート電極の最上層にオフセット絶縁膜7を形成するのは、DRAM混載論理LSIプロセスにおいては、DRAM部において、ピットコンタクトやノードコンタクトをセルフアラインコンタクト(SAC)で形成する必要があるためである。

【0033】この後、従来のプロセスではスクリーン酸化に進むわけであるが、この一実施形態においては、その前に、このスクリーン酸化時のWSix膜6の異常酸化を抑制する目的で、N<sub>2</sub>雰囲気中でラピッドサーマルアニーリング(Rapid Thermal Annealing, RTA)を行う。このRTAの具体的な処理シーケンスの一例を図7に示す。図7に示すように、室温から75°C/秒の速さで550°Cまで昇温し、次に50°C/秒の速さで600°Cまで昇温し、さらに25°C/秒の速さで700°Cまで昇温する。この温度で30秒間保持してRTA処理を行った後、400°Cに降温する。これらの処理の間に供給するN<sub>2</sub>流量は、19L/分とした。ただし、この例では、700°Cで30秒RTAを行うが、一般には、650～750°Cで10～60秒RTAを行うことにより、スクリーン酸化時のWSix膜6の異常酸化を抑制することができる。このRTAの温度がより低く、あるいは時間が短すぎる条件では、WSix膜6の異常酸化を十

分に抑制することができず、逆にRTAの温度が高すぎる場合には不純物の再分布などによるトランジスタ特性への影響が出てしまう。

【0034】次に、図4に示すように、スクリーン酸化を行うことにより、ゲート電極の側面およびSi基板1と多結晶Si膜5との界面を酸化してSiO<sub>2</sub>膜8を形成する。この際、このSiO<sub>2</sub>膜8においては、Si基板1と多結晶Si膜5との界面にゲートバーズピーク8aが発生する。このゲートバーズピーク8aによりゲート電極の端部とSi基板1との間隔が大きくなることにより、ゲート電極の端部での電界を緩和し、これにより接合リーキを緩和したり、ゲート電極の側面が覆われることにより、その後に行われる塩酸過水によるタングステンの溶出を抑制し、金属不純物が基板に拡散することを抑制することができる。また、上述のようにスクリーン酸化を行う前にあらかじめN<sub>2</sub>雰囲気中でのRTA処理を行っていることにより、このスクリーン酸化時にWSi<sub>x</sub>膜6の異常酸化が抑制される。

【0035】一方、このスクリーン酸化の際には、このスクリーン酸化自体の熱処理により、論理回路部のデュアルゲートCMOSトランジスタのゲート電極中の不純物が相互拡散し、トランジスタ特性が変動してしまうという問題があるが、この問題は、次のようにして解決することができる。すなわち、この問題の解決のために、このスクリーン酸化時のサーマルバジェット(thermal budget)を低減することが有効である。しかしながら、スクリーン酸化自体の温度を下げる、酸化速度が低下し、一定の膜厚(2~5nm)の酸化膜を成長させるのに必要な時間が長くなったり、低温状態(500~700°C)でWSi<sub>x</sub>膜6が酸化雰囲気にさらされることでWSi<sub>x</sub>膜6の異常酸化が生じてしまうという二つの問題が発生する。このような理由により、スクリーン酸化温度は700~800°Cとするのが最適である。このスクリーン酸化の具体的な処理シーケンスの一例を図8に示す。さらに、thermal budgetの低減として、酸化前の安定化ステップを0分に設定し、これにより相互拡散を抑制する。

【0036】次に、図5に示すように、nチャネルMOSトランジスタ形成部において、ゲート電極をマスクとしてpウェル2中に例えばPやAsなどのn型不純物を低ドーズでイオン注入することにより、n<sup>-</sup>型拡散層(エクステンション(extention)拡散層)9をゲート電極に対して自己整合的に形成し、また、pチャネルMOSトランジスタ形成部において、ゲート電極をマスクとしてnウェル3中に例えばBなどのp型不純物を低ドーズでイオン注入することにより、p<sup>-</sup>型の拡散層(エクステンション拡散層)10をゲート電極に対して自己整合的に形成する。この後、注入不純物の活性化およびイオン注入により発生した点欠陥を消滅させる目的で、N<sub>2</sub>雰囲気中でRTAを行う。これは、イオン注入部に点

欠陥が残ったままだと、初期増速拡散(Transient Enhanced Diffusion, TED)により注入不純物の再分布が生じ、所望のトランジスタを形成することができなくなるからである。

【0037】また、本発明者は、このRTAは、nチャネルMOSトランジスタのゲート電極とpチャネルMOSトランジスタのゲート電極との間の不純物の相互拡散にも密接に関係していることを見い出し、RTA温度が高いほど不純物の相互拡散によるトランジスタ特性の変動が大きいことを見い出した。具体的には、RTA温度を1000°Cから950°Cまで低温化することにより、トランジスタ特性の変動を抑えることができる。また、950°Cより低い温度では、TEDの影響が懸念されるため、925~975°Cの温度範囲が、相互拡散を抑制しつつ、TEDも抑制する最適温度である。

【0038】次に、図6に示すように、nチャネルMOSトランジスタのゲート電極およびpチャネルMOSトランジスタのゲート電極の側壁にサイドウォール11を形成する。このサイドウォール11は、具体的には、例えばCVD法により全面にSi, N<sub>2</sub>膜やSiO<sub>2</sub>膜を成膜した後、これをRIE法などによりエッチバックすることにより形成する。次に、nチャネルMOSトランジスタ形成部において、ゲート電極およびサイドウォール11をマスクとしてpウェル2中に例えばPやAsなどのn型不純物を高ドーズでイオン注入することにより、n<sup>+</sup>型のソース領域12およびドレイン領域13をゲート電極に対して自己整合的に形成し、また、pチャネルMOSトランジスタ形成部において、ゲート電極およびサイドウォール11をマスクとしてnウェル3中に例えばBなどのp型不純物を低ドーズでイオン注入することにより、p<sup>+</sup>型のソース領域14およびドレイン領域15をゲート電極に対して自己整合的に形成する。ここで、ソース領域12およびドレイン領域13は、サイドウォール11の下方にそれぞれn<sup>-</sup>型拡散層9からなるn<sup>-</sup>型低不純物濃度部12a、13aを有する。また、ソース領域14およびドレイン領域15は、サイドウォール11の下方にそれぞれp<sup>-</sup>型拡散層10からなるp<sup>-</sup>型低不純物濃度部14a、15aを有する。

【0039】次に、注入不純物の活性化およびイオン注入により発生した点欠陥を消滅させる目的で、再び、N<sub>2</sub>雰囲気中でRTAを行う。このRTAの温度も、nチャネルMOSトランジスタのゲート電極とpチャネルMOSトランジスタのゲート電極との間の不純物の相互拡散に密接に関係しており、これも、RTA温度が低温ほど相互拡散は小さくなる。ソース領域およびドレイン領域形成後のRTAの低温化の影響は、エクステンション拡散層形成時の問題に加えて、特にpチャネルMOSトランジスタにおいて、ソース領域14およびドレイン領域15が浅くなり、これらとコンタクトする電極により接合リーキの増加を引き起こすという問題がある。した

がって、この悪影響を防止するためには、pチャネルMOSトランジスタのソース領域14およびドレイン領域15の深さを最適化する必要がある。具体的には、ソース領域14およびドレイン領域15を形成するためのイオン注入の条件を、B<sup>+</sup>、エネルギー6~8 keV、ドーズ量 $2 \times 10^{15} \sim 3 \times 10^{15} \text{ cm}^{-2}$ の条件に設定することにより、これらのソース領域14およびドレイン領域15の深さを最適化することができ、接合リーキの増加を効果的に抑制することができる。

【0040】このように、デュアルゲートCMOSトランジスタのゲート電極間の不純物相互拡散によるトランジスタ特性の変動を抑制し、TEDによるトランジスタ特性の変動を抑制することを両立し、さらにpチャネルMOSトランジスタのソース領域14およびドレイン領域15の接合リーキの増加を抑制するためには、最適な条件の組み合わせが必要である。

【0041】以上により、LDD(Lightly Doped Drain)構造のnチャネルMOSトランジスタおよびpチャネルMOSトランジスタからなるデュアルゲートCMOSトランジスタが形成される。このデュアルゲートCMOSトランジスタを複数用いて論理回路が形成される。

【0042】この一実施形態によれば、次のような種々の利点を得ることができる。すなわち、まず、DRAM混載論理LSIのプロセスにおいて、デュアルゲートCMOSトランジスタのWSi<sub>x</sub>／多結晶Si構造のゲート電極を形成した後にこのゲート電極のスクリーン酸化を行っているので、DRAMの接合リーキが減少し、リテンション特性の向上を図ることができる。また、このスクリーン酸化を行うに際しては、ゲート電極をドライエッチング加工により形成した後に、窒素雰囲気中において650~750°Cの温度でRTAを行っていることにより、その後のスクリーン酸化工程でのWSi<sub>x</sub>膜6の異常酸化を抑制することができる。また、このスクリーン酸化においては、酸化炉への入炉時から昇温時までに酸化炉に供給するN<sub>2</sub>流量を20~30 L/minとしていることにより、WSi<sub>x</sub>膜6の異常酸化をより効果的に抑制することができ、また、酸化温度を750~800°C、酸化膜厚2~5 nm、温度安定のための安定化ステップを0分をしていることにより、デュアルゲートCMOSトランジスタにおけるnチャネルMOSトランジスタのゲート電極とpチャネルMOSトランジスタのゲート電極との間での不純物の相互拡散を抑制することができる。さらに、スクリーン酸化を行った後のソース領域およびドレイン領域用エクステンション拡散層形成後ならびにソース領域およびドレイン領域形成後に、それぞれ、925~975°Cで5~15秒、N<sub>2</sub>雰囲気中でRTAを行っていることにより、デュアルゲートCMOSトランジスタにおけるnチャネルMOSトランジスタのゲート電極とpチャネルMOSトランジスタのゲート電極との間での不純物の相互拡散を抑制しつつ、TED

によるトランジスタ特性の変動を抑制することができる。さらにまた、ソース領域およびドレイン領域形成後のN<sub>2</sub>雰囲気中におけるRTAの条件を、925~975°Cで5~15秒の範囲に設定し、pチャネルMOSトランジスタのソース領域およびドレイン領域形成用のイオン注入を、B<sup>+</sup>、エネルギー6~8 keV、ドーズ量 $2 \times 10^{15} \sim 3 \times 10^{15} \text{ cm}^{-2}$ の条件に設定することにより、デュアルゲートCMOSトランジスタにおけるnチャネルMOSトランジスタのゲート電極とpチャネル

MOSトランジスタのゲート電極との間での不純物の相互拡散の抑制と、TEDによるトランジスタ特性の変動の抑制とを両立し、pチャネルMOSトランジスタのソース領域14およびドレイン領域15の接合リーキの増加を抑制することができる。以上により、高性能のDRAM混載論理LSIを実現することができる。

【0043】以上、この発明の一実施形態について具体的に説明したが、この発明は、上述の実施形態に限定されるものではなく、この発明の技術的思想に基づく各種の变形が可能である。

【0044】例えば、上述の一実施形態において挙げた数値、構造、プロセスなどはあくまでも例に過ぎず、必要に応じて、これらと異なる数値、構造、プロセスなどを用いてもよい。

【0045】【発明の効果】以上説明したように、この発明によれば、ゲート電極の酸化を行う前に窒素雰囲気中でラビッドサーマルアニーリングを行うことによりゲート電極の少なくとも側面を窒化することにより、ゲート電極を形成する高融点金属シリサイド膜の異常酸化を効果的に抑制することができる。

【0046】また、酸化を行う工程において、酸化炉への基板の入炉時から酸化温度への昇温時に上記酸化炉に窒素を20リットル/分以上30リットル/分以下の流量で供給することにより、ゲート電極を形成する高融点金属シリサイド膜の異常酸化を効果的に抑制することができる。また、ゲート電極の酸化の工程において、酸化温度を750°C以上800°C以下、酸化膜厚を2 nm以上5 nm以下、温度安定のためのスタビライズステップをほぼ0分とすることにより、ゲート電極を構成する多結晶シリコン膜中の不純物の高融点金属シリサイド膜中の拡散を効果的に抑制することができ、あるいは、デュアルゲートトランジスタにおけるnチャネルMISトランジスタのゲート電極とpチャネルMISトランジスタのゲート電極との間の不純物の相互拡散を効果的に抑制することができる。

【0047】また、ソース領域およびドレイン領域を形成するためのイオン注入を行った後、不活性ガス雰囲気中において925°C以上975°C以下の温度で5秒以上15秒以下の時間ラビッドサーマルアニーリングを行うことにより、ゲート電極を構成する多結晶シリコン膜中

21

の不純物の高融点金属シリサイド膜中への拡散を効果的に抑制しつつ、あるいは、デュアルゲートトランジスタにおけるnチャネルMISトランジスタのゲート電極とpチャネルMISトランジスタのゲート電極との間の不純物の相互拡散を効果的に抑制しつつ、注入不純物の初期増速拡散を抑制することができる。

【0048】さらに、特に、pチャネルMISトランジスタのソース領域およびドレイン領域を形成するためのイオン注入を、イオン種としてホウ素を用い、エネルギー $-6\text{ keV}$ 以上 $8\text{ keV}$ 以下、ドーズ量 $2 \times 10^{15}\text{ cm}^{-2}$ 以上 $3 \times 10^{15}\text{ cm}^{-2}$ の条件に設定して行うことにより、ソース領域およびドレイン領域の接合リーキの増加を抑制することができる。

## 【図面の簡単な説明】

【図1】この発明の一実施形態によるDRAM混載論理LSIの製造方法を示す断面図である。

【図2】この発明の一実施形態によるDRAM混載論理LSIの製造方法を示す断面図である。

【図3】この発明の一実施形態によるDRAM混載論理LSIの製造方法を示す断面図である。

【図4】この発明の一実施形態によるDRAM混載論理\*

22

\* LSIの製造方法を示す断面図である。

【図5】この発明の一実施形態によるDRAM混載論理LSIの製造方法を示す断面図である。

【図6】この発明の一実施形態によるDRAM混載論理LSIの製造方法を示す断面図である。

【図7】この発明の一実施形態によるDRAM混載論理LSIの製造方法においてスクリーン酸化前に行うN<sub>2</sub>雰囲気中でのRTAの処理シーケンスの例を示す略線図である。

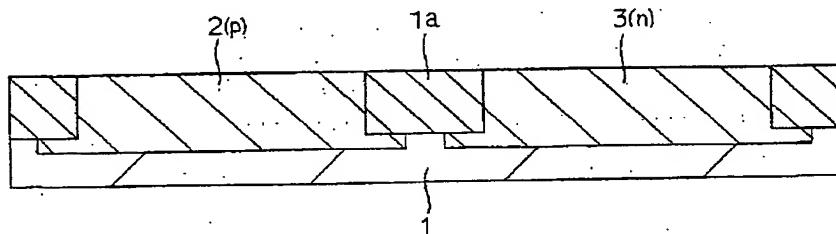
10 【図8】この発明の一実施形態によるDRAM混載論理LSIの製造方法においてスクリーン酸化時に基板を酸化炉に入炉する際の酸化炉へのN<sub>2</sub>の流入条件の例を示す略線図である。

## 【符号の説明】

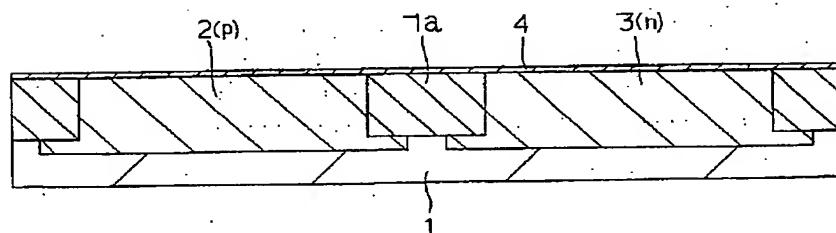
1 … Si基板、4 … ゲート絶縁膜、5 … 多結晶Si膜、6 … WSi<sub>x</sub>膜、7 … オフセット絶縁膜、8 … SiO<sub>2</sub>膜、9 … n<sup>-</sup>型拡散層、10 … p<sup>+</sup>型拡散層、11 … サイドウォール、12、14 … ソース領域、13、15 … ドレイ

20 ニング領域

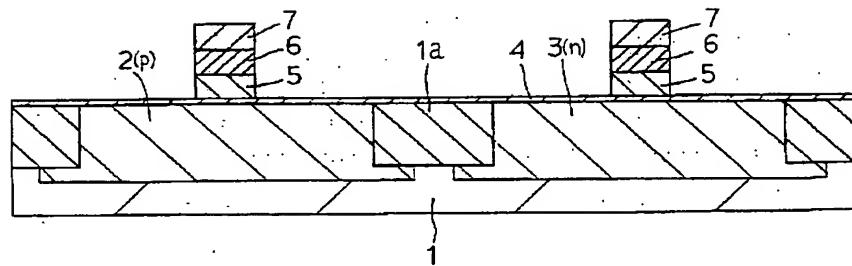
【図1】



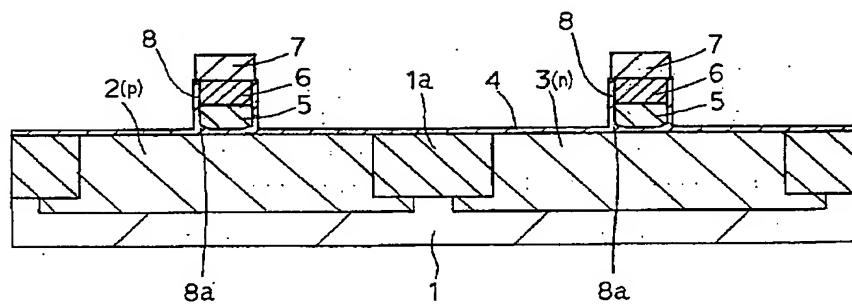
【図2】



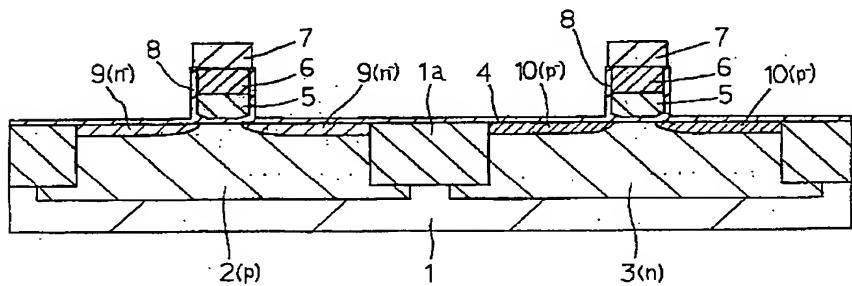
【図3】



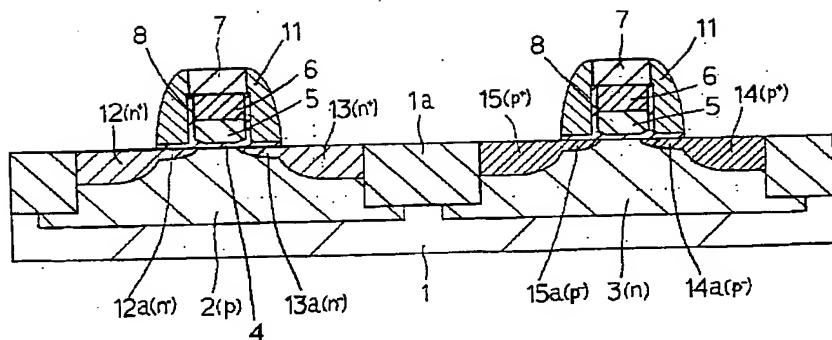
【図4】



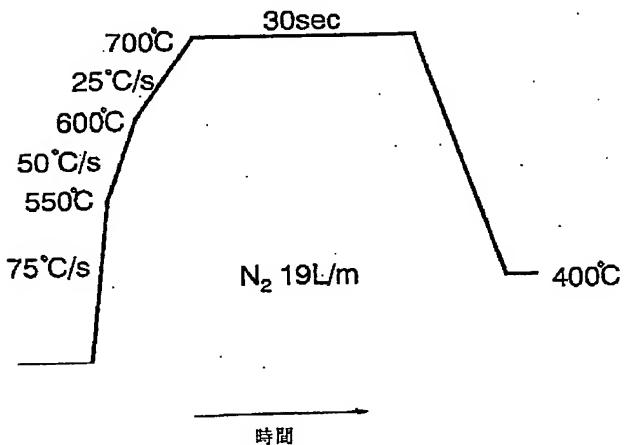
【図5】



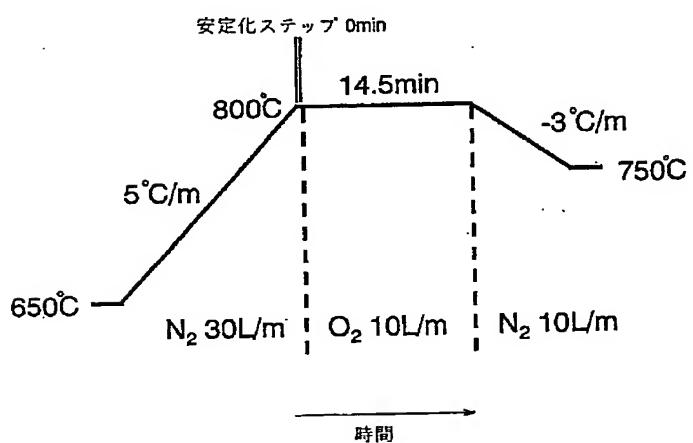
【図6】



【図7】



【図8】



フロントページの続き

(51)Int.C1. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テーマコード(参考)
H 0 1 L 27/092		H 0 1 L 27/08	3 2 1 D
27/10	4 6 1	29/62	G
29/43			
(72)発明者 塚本 雅則		F ターム(参考)	4M104 AA01 BB01 CC05 DD79 DD80
東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニ			DD86 DD91 EE05 EE09 FF14
ー株式会社内			GG10 GG14 HH20
(72)発明者 中村 学		5F040 DA00 DB03 EA08 EA09 EC01	
神奈川県川崎市中原区小田中4丁目1番1		EC07 EC13 ED03 EF02 EK05	
号 富士通株式会社内		FA00 FA05 FA07 FA11 FA16	
(72)発明者 佐久間 遼		FB02 FB04 FC00	
神奈川県川崎市中原区小田中4丁目1番1		5F048 AA07 AB01 AB03 AC01 AC03	
号 富士通株式会社内		BB06 BB07 BB08 BB09 BB11	
		BC06 BE03 BF16 BG14 DA18	
		DA25 DA27	
		5F083 AD00 GA25 JA02 JA05 JA35	
		JA39 JA53 MA02 MA17 MA20	
		NA01 NA03 PR12 PR34 PR36	
		ZA05 ZA12	

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**